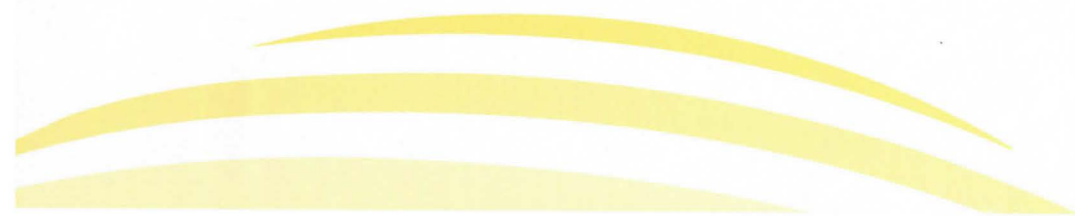




Actes des journées coton du Cirad-ca

Montpellier, du 20 au 24 juillet 1998

**Programme Coton
Cirad-ca
Juillet 1998**



ETAT DES RECHERCHES SUR LA RÉSISTANCE D' *HELICOVERPA ARMIGERA* (HUBNER) AUX PYRETHRINOÏDES EN AFRIQUE DE L'OUEST

Maurice. VAISSAYRE

Cirad-ca, Programme Coton, 34 032 Montpellier, France

Thibaud MARTIN

Cirad-ca, Programme Coton, IDESSA, Bouaké, Côte d'Ivoire

Jean-Michel VASSAL

Cirad-amis, Programme Protection des Cultures, 34 032 Montpellier, France

Introduction

La Noctuelle *Helicoverpa armigera* (Hübner) est sans conteste aujourd'hui le principal ravageur du cotonnier dans l'Ancien Monde. Il n'en a pas toujours été ainsi, en particulier en Afrique subsaharienne où les premiers recensements n'en font même pas état (Vayssière & Mimeur, 1926). Depuis cette date, l'intensification de la culture, la présence de plantes-hôtes dans l'agrosystème et l'usage des insecticides lui ont permis de s'installer progressivement au premier rang.

Pendant de nombreuses années, le contrôle d' *H. armigera* a été réalisé par des applications de DDT, ou d'associations à base de DDT. Le recours systématique à cette matière active a conduit dans certaines régions du monde aux premiers cas de résistance (Goodyer & Greenup, 1980). De nombreuses opérations de lutte biologique, faisant appel aux entomophages (Trichogrammes) ou aux entomopathogènes (virus de polyèdroses nucléaires), ont alors été initiées, et restent parfois d'actualité (Ouzbekistan, Vietnam). L'introduction des pyrèthri-noïdes sur le marché des pesticides depuis 1975 et l'exceptionnel niveau de contrôle ainsi obtenu comme les coûts comparés de ces divers modes de protection vont reléguer les méthodes biologiques au second plan, et placer la culture cotonnière en situation de dépendance très forte vis à vis de la lutte chimique en général, et des pyrèthri-noïdes en particulier.

Nature et mode d'action des pyrèthri-noïdes

Si le pyrèthre est un insecticide connu depuis des siècles, c'est en raison de la présence d'esters (jasmolines, cinérines et pyrèthrines). Synthétisés dans les années 60 à partir de l'acide chrysanthémique et de l'alléthrolone, les pyrèthri-noïdes sont encore photolabiles. Le travail d'Elliot va permettre a) d'améliorer la stabilité à la lumière et b) de réduire la toxicité envers les mammifères. La perméthrine est la première molécule d'intérêt agricole. L'addition d'un groupe cyano accroît son pouvoir insecticide, c'est la cyperméthrine. La substitution d'un chlore par un brome, dans la chaîne vinylique de stéréochimie *cis* donne naissance à la deltaméthrine. De nombreuses modifications seront ensuite réalisées autour de la molécule de cyperméthrine pour donner des matières actives très proches (cyfluthine, alpha-cyperméthrine, lambda-cyhalothrine).

D'autres synthèses conduisent à la bifenthrine et la fenpropathrine, tandis que, hors du groupe des cyclopropanes, les chimistes japonais synthétisent le fenvalérate, puis son isomère purifié, l'esfenvalérate. Le flucythrinate et le fluvalinate ont des formules voisines, de même que l'etofenprox (etoproxyfen), conçu à partir de modèles tridimensionnels.

Le site d'action des pyréthrinoïdes (qu'ils partagent avec le DDT) est constitué par les canaux sodium, situés sur la membrane de l'axone. Ils ont donc pour effet un blocage de la transmission de l'influx nerveux.

Résistance d'*Helicoverpa armigera* aux Pyréthrinoïdes dans le monde

Historique

Lancés au milieu des années 70, les pyréthrinoïdes vont connaître un succès spectaculaire, et seront très largement utilisés contre les chenilles de la capsule du cotonnier. Dès 1983, les premiers cas de résistance ont aux pyréthrinoïdes avaient été signalés aux Etats Unis chez des espèces voisines, *Heliothis virescens* et *Helicoverpa zea* (Ernst & Ditttrich, 1992; Clower, 1993). C'est donc sans surprise que se sont enchaînés les cas de résistance d' *H. armigera* à ce groupe chimique, en Australie (Gunning *et al.* 1984), en Thaïlande (Collins, 1986), en Inde (McCaffery *et al.* 1989) en Turquie (Riley, 1990), en Indonésie (McCaffery *et al.* 1991) puis en Chine (Shen *et al.* 1992). Il est peu de bassins de production cotonnière de l'ancien monde qui soient aujourd'hui épargnés par le problème de la résistance d' *H. armigera* aux pyréthrinoïdes, même si l'Afrique de l'Ouest et du Centre a fait figure d'exception pendant plus de 10 ans, comme en témoignent les résultats du réseau de laboratoires mis en place par le Cirad (Alaux *et al.* 1997).

Cette situation s'est traduite dans des cas extrêmes (Thaïlande) par une désaffection des agriculteurs vis à vis de la culture cotonnière, mais aussi par la mise en place de programmes de gestion de la résistance (Australie). En Australie, l'ensemble des producteurs de coton est en contact permanent avec la Recherche, et suit les recommandations qui lui sont proposées chaque année. La gestion des populations résistantes y repose sur deux principes de base : une diversification des matières actives, utilisables au travers de périodes (fenêtres) préétablies et un ciblage des interventions vers les stades les plus sensibles de l'insecte (l'oeuf et la chenille néonate). Si elle n'entraîne pas une réduction de la fraction de la population résistante, cette politique permet la poursuite de la culture cotonnière australienne, qui obtient un rendement moyen de 1,5 t de fibre par hectare, et situe ce pays au 4^e rang des exportateurs de coton.

Les mécanismes impliqués dans la résistance aux pyréthrinoïdes

Du fait des nombreux cas de résistance rapportés, les mécanismes de la résistance aux pyréthrinoïdes ont été étudiés de façon intensive chez *H. virescens* et *H. armigera*. Ils sont de plusieurs types, et liés selon les cas à une pénétration retardée, à la modification de la cible au niveau de l'axone ou à une métabolisation de la molécule insecticide sous l'action de monooxygénases et d'estérases (Gunning *et al.* 1993; McCaffery, 1994; Ottea *et al.* 1995).

Les deux mécanismes les plus souvent rencontrés sont l'insensibilité nerveuse (liée au gène *kdr*) et une détoxification métabolique avec intervention d'oxydases (MFO). La résistance à l'effet

de choc des pyréthrinoïdes résulte de la non fixation de l'insecticide sur la cible, ou à des modifications au niveau de l'expression du gène. Il en résulte généralement une perte de sensibilité modérée (souche résistante 10 à 20 fois moins sensible que la souche témoin au laboratoire). La résistance métabolique peut être démontrée par l'utilisation de synergistes (piperonyl butoxide pour les oxydases, DEF pour les estérases) et elle conduit généralement à des niveaux de résistance beaucoup plus élevés. Sur le plan hérédité, le statut de ces deux mécanismes serait différent, au moins pour les populations d' *H. armigera* australiennes : récessif dans le cas du gène *kdr*, semi-dominant dans celui des MFO (Forrester et al. 1993). Signalons qu'en Australie (Gunning, 1994), en Inde (Armes *et al.*, 1994) ainsi qu'en Chine (Tan *et al.*, 1997) des estérases s'ajouteraient aux mécanismes décrits précédemment.

Dubbeldam & McCaffery (1996) ont montré que la résistance présentait un coût élevé, au moins pour le type associé à la modification de la cible. Ce manque de compétitivité des individus *kdr* pourrait expliquer qu'en Australie leur fréquence ait diminué tandis que les MFO constituaient l'essentiel des mécanismes en cause.

Résultats du suivi au laboratoire obtenus en Afrique de l'Ouest et du Centre

Après les premiers bioessais, réalisés au Tchad (Renou & Vaissayre, 1978), le CIRAD a proposé dès 1984 à ses partenaires d'Afrique de l'Ouest et du Centre la mise en place d'un réseau pour le suivi de la sensibilité aux pyréthrinoïdes des principaux ravageurs du cotonnier, au premier rang desquels *H. armigera*. Plusieurs pays ont participé à ce réseau, de façon plus ou moins suivie. Il s'agit du Burkina, de la Côte d'Ivoire et du Tchad, tandis que le Cameroun focalise ses activités sur le puceron *Aphis gossypii* Glover. Le Bénin s'est équipé récemment et un laboratoire du même type est en construction au Mali.

Ce suivi est un élément de base pour tout programme de prévention de la résistance : en permettant de déceler au laboratoire une éventuelle évolution vers la résistance aux pyréthrinoïdes, il rend possible une modification des méthodes de lutte avant que le problème ne prenne une dimension trop importante (Roush, 1990).

La méthode utilisée est celle des applications topiques. Les matières actives techniques sont diluées dans l'acétone, et l'application du produit se fait à l'aide d'un micro-applicateur, à raison d'un microlitre de solution par chenille de 50 mg. L'analyse statistique des résultats suit la méthode log-probit (Finney, 1971).

Le laboratoire du Cirad Montpellier maintient en élevage une souche d' *H. armigera* originaire de Côte d'Ivoire, d'où elle a été introduite en 1977. Cette souche n'a donc jamais été exposée aux pyréthrinoïdes et, quelles que soient les réserves que peut appeler la référence à une population maintenue au laboratoire sur milieu synthétique pendant une vingtaine d'années, elle est considérée ici comme souche de référence. Les tests réalisés à Montpellier en 1992 avec une population introduite de Côte d'Ivoire confirment la similitude des résultats (Alaux, 1994).

Les résultats figurant dans le tableau 1 ont été obtenus au Bénin, au Burkina, en Côte d'Ivoire et au Tchad. Sont exprimées les valeurs de la DL50 (en µg/g.) et la pente de la droite de régression correspondante.

Tableau 1 : DL₅₀ et pentes obtenues sur *H. armigera* au laboratoire

matière active	pays/année	DL50	pente
deltaméthrine	France		
	1992	0.07	1.7
	Tchad		
	1978	0.06	
	1991	0.07	1.2
	Burkina		
	1991	2.77	1.4
	1992	6.56	2.2
	Côte d'Ivoire		
	1986	0.14	1.1
	1994	0.09	0.7
	1995	0.13	0.7
	1996	0.92	1.3
	1997	1.33	1.2
cyperméthrine	France		
	1992	0.47	3.0
	Côte d'Ivoire		
	1989	0.55	1.6
	1994	0.76	1.1
	1995	2.59	0.7
	1996	5.05	1.5
	1997	2.73	1.1
	Bénin		
	1997	25.6	3.0
fenvalérate	France		
	1992	0.14	3.2
	Tchad		
	1978	0.54	1.7
	Côte d'Ivoire		
	1992	0.28	0.9
	1996	10.41	1.3

Ces chiffres signifient que les populations soumises aux tests successifs se montrent dans un premier temps de plus en plus hétérogènes, tandis qu'une fraction croissante de la population d'*H. armigera* échappe à l'action des pyréthri-noïdes. Lorsque le mécanisme de résistance est en place dans la population entière, la pente de la droite de régression se redresse. Ce cas de figure

est parfaitement illustré par les résultats de Bouaké, où le facteur de résistance semble modéré, ce qui autorise un contrôle encore correct au niveau du champ.

Par contre, si les valeurs de DL_{50} obtenues sur une population récoltée à Loumana (Burkina) en 1991 et 92 constituaient une première alerte, ceux obtenus cette année sur la population d'Angaradébou (Bénin) correspondent à une véritable situation d'échec aux champs.

Les observations de terrain

Depuis 1996, de nombreux cas d'inefficacité du programme de protection vulgarisé vis à vis des populations d'*H. armigera* sont signalés : au Burkina, où l'infestation observée en 1996 a été particulièrement spectaculaire, au Mali (région de Koutiala), au Bénin ainsi que dans le nord de la Côte d'Ivoire. Des tests, réalisés dans des zones "à problème" du Burkina et du Bénin par la Société Du Pont de Nemours, renforcent l'hypothèse d'une résistance aux pyréthrinoïdes.

Lors de pullulations exceptionnelles d'un ravageur, susceptibles de prendre en défaut un programme de traitement devenu aujourd'hui "minimaliste", les plaintes des agriculteurs portent toujours sur la formulation qui leur a été distribuée. Personne n'évoque la réalisation parfois douteuse de l'application, les pluies qui ont pu suivre le traitement, voire le sous-dosage, dont la pratique s'est généralisée dans les programmes calendaires pratiqués en milieu paysan. La présence de "brookers" lors des appels d'offre, et la baisse de qualité des produits qui s'en est suivie (qu'il s'agisse de la matière active ou de sa formulation) contribue à donner aux pesticides une image négative chez les planteurs de coton africains. C'est sans doute là le contre-coup d'une politique d'économie à outrance sur les intrants, qui place aujourd'hui le coût de la protection phytosanitaire du cotonnier à moins de 100 kg de coton-graine par hectare, bien en deçà de ceux observés hors d'Afrique francophone.

La mise en évidence d'une perte de sensibilité, voire d'une véritable résistance de la Noctuelle du Cotonnier aux pyréthrinoïdes rendrait caduque cette politique de minimisation des coûts.

Les Etudes de Laboratoire

Sur la Station de Bouaké, deux types d'études ont été entreprises :

- le suivi de la DL_{50} d' *H. armigera* au cours de la campagne
- l'étude de l'addition de synergistes sur la toxicité des pyréthrinoïdes

1- suivi de la sensibilité des générations successives

Une génération d' *H. armigera* se déroule sur environ un mois. Le programme de traitement recommandé s'étale, pour des semis de la fin du mois de juin, entre la mi-août et la fin octobre. On peut se demander quelle est le résultat de la pression de sélection exercée par ces six applications successives de pyréthrinoïdes sur trois générations successives d' *H. armigera*.

Une première étude a été réalisée par Alaux (1994), avec la deltaméthrine, sur des populations d' *H. armigera* récoltées sur cotonnier à Bouaké entre septembre et décembre 1992, sans montrer d'évolution significative dans les DL_{50} obtenues :

dates	31/08	15/09	30/09	15/10	30/10	15/11	30/11	15/12
DL_{50}	0.13	0.12	0.09	0.12	0.13	0.14	0.20	0.13
pentés	1.80	1.61	1.33	1.78	2.48	1.21	1.28	1.07

Si l'on n'observe pas de variation très sensible des valeurs de doses létales (comprises entre 0.09 et 0.20 μ g), les variations des pentés sont importantes (entre 1.07 et 2.48).

Une étude similaire a été réalisée de septembre à novembre 1997. Les résultats obtenus, toujours avec la deltaméthrine, sont les suivants :

Générations	DL_{50}	intervalle confiance	pente
septembre	0.92	0.54_1.55	0.91
octobre	1.33	0.89_1.99	1.10
novembre	1.34	0.89_2.02	1.39

On n'observe pas de modification significative de la valeur de la DL_{50} , mais les pentés successives démontrent une sélection au sein de la population, probablement par élimination des individus sensibles.

2 - effet de différents synergistes

Pour tenter d'identifier le ou les mécanismes impliqués dans la résistance, deux synergistes ont été associés aux pyréthrinoides : le pipéronyl-butoxide (PBO), inhibiteur d'oxydases, et le S,S,S-tributyl phosphoro-trithioate (DEF), inhibiteur d'un certain nombre de mécanismes estérasiques. Leur concentration en solution acétonique a été fixée à 0.02 g/l et ils sont appliqués, avant l'insecticide, à raison d'1 μ l par chenille.

Plusieurs souches d' *H. armigera* ont été testées, en présence et en absence des synergistes. On a calculé un coefficient de synergisme comme le rapport entre DL_{50} sans/ DL_{50} avec inhibiteur. Les souches d'insectes sont les suivantes :

Bk 77 = souche témoin, originaire de Bouaké, conservée au laboratoire du Cirad à Montpellier.
Bk 96 = souche récoltée sur la station IDESSA à Bouaké en octobre 96, et soumise à pression de sélection (deltaméthrine) sur 4 générations successives.

Bk 97 = souche récoltée sur la station IDESSA à Bouaké en octobre 97.

Nb 97 = souche récoltée en milieu paysan, à une centaine de kilomètres au nord de Bouaké, en septembre 97.

Les principaux résultats obtenus avec Pbo et Def sont présentés dans le tableaux ci-dessous :

action du Pbo	DL ₅₀ deltaméthrine	DL ₅₀ avec Pbo	Coeff. Synergisme
témoin (Bk 77)	0.049	0.045	1.1
Souche Bk 96 lab	2.26	0.229	10
Souche Bk 97	1.33	0.430	3
Souche Nb 97	0.89	0.047	19

action du Def	DL ₅₀ deltaméthrine	DL ₅₀ avec Def	Coeff. Synergisme
témoin (Bk 77)	0.049	0.045	1.1
Souche Bk 96 lab	2.26	0.320	7
Souche Bk 97	1.66	0.860	1.5
Souche Nb 97 mp	n.a.*		

*Il n'a pas été obtenu une quantité d'insectes suffisante pour tester le Def sur la souche Nb 97.

Les résultats obtenus mettent en évidence 3 types de situation :

- sur la souche récoltée en milieu paysan (Nb 97), le Pbo ramène la DL₅₀ au niveau de celle du témoin.

Il y aurait donc un mécanisme de type MFO, seul responsable de la perte de sensibilité en milieu paysan, et pas de modification de la cible (de type *kdr*). Ce résultat rejoint celui obtenu en laboratoire au Cirad Montpellier sur une souche récoltée au Bénin et considérée comme résistante aux pyréthrinoïdes, pour laquelle aucune résistance au DDT n'est décelable.

- sur la souche récoltée à Bouaké en 1997, le Def exerce un effet minime et la DL₅₀ reste 20 fois supérieure à celle du témoin. Par contre, le Pbo réduit la valeur de la DL₅₀ dans un rapport d' 1/3, mais elle présente encore une valeur 10 fois supérieure à celle du témoin.

Il y aurait donc chez cette souche à la fois un mécanisme de type *kdr*, responsable d'un premier niveau de perte de sensibilité (avec un facteur 10 pour la deltaméthrine) et un système oxydasique, responsable d'un facteur 3 supplémentaire).

- sur la souche récoltée à Bouaké en 1996, et sur laquelle on a poursuivi au laboratoire la pression de sélection, les synergistes ont tous deux un effet beaucoup plus marqué (avec un CS de 7 à 10), qui s'ajoute au mécanisme *kdr*.

On peut penser que sur la station de Bouaké, où l'expérimentation phytosanitaire est réalisée sur cotonnier depuis plus de 45 ans, l'utilisation de DDT a conduit à la sélection d'un mécanisme de résistance de type modification de cible, avant que ne se manifeste l'action des oxydases. Par contre, dans d'autres régions, la pression de sélection exercée par les pyréthrinoïdes s'est traduite par l'apparition d'une résistance métabolique, qui implique d'abord des MFO. La poursuite de cette pression de sélection pourrait par la suite faire apparaître des mécanismes estérasiques.

Les mesures à prendre

Une réunion de travail avec la profession phytosanitaire (représentée par l'*Insecticide Resistance Action Committee*) s'est tenue à Montpellier en octobre 1997, pour confronter les résultats et discuter des mesures à prendre. Le Cirad a ensuite diffusé une note d'information sur le problème de la Résistance aux pesticides à l'ensemble des Sociétés Cotonnières en janvier 1998, posant les premiers éléments des programmes à mettre en place dès la campagne 1998-99. Certains pays ont d'ailleurs réagi en conséquence. Enfin le Cirad a animé une session de formation et d'information des cadres techniques des Sociétés Cotonnières, réunis à Paris à l'initiative de la CFDT.

Les mesures proposées sont simples, mais elles auront un coût. Il est donc indispensable de connaître tout d'abord l'étendue du problème, en cartographiant l'ensemble du bassin de production. C'est l'objet d'un Projet IRAC/Cirad/Sociétés Cotonnières, qui touchera six pays au cours de la prochaine campagne, et où le statut des populations d'*H. armigera* sera déterminé à deux reprises dans quatre zones cotonnières par pays. Dans ce projet, la logistique est financée par l'IRAC, les tests (*vial tests*) seront réalisés par le personnel des Sociétés Cotonnières et le Cirad apporte la caution scientifique pour le choix des pays et des zones et du plan d'échantillonnage d'une part, avec la définition des doses discriminantes d'autre part.

Pour la campagne 1998, il a été proposé aux Sociétés Cotonnières une approche de type "prévention de la résistance aux pyréthrinoïdes" :

- maintien des applications calendaires, comme base de la protection contre un complexe parasitaire diversifié. L'usage des pyréthrinoïdes est limité à 3 applications, 4 en présence de lépidoptères à régime endocarpique.
- retrait des pyréthrinoïdes des deux premières applications, pour lesquelles on peut utiliser d'autres matières actives (O.P.s, endosulfan, thiodicarb...)
- interventions contre les premiers stades larvaires d'*H. armigera*, basées sur des observations aux champs, et réalisées avec des pyréthrinoïdes.

Selon les résultats qui seront obtenus au terme de l'enquête IRAC/Cirad, d'autres mesures pourraient être envisagées, y compris celles relevant du domaine de la gestion de populations résistantes :

- si les restrictions à l'usage des pyréthriinoïdes dans le programme n'ont plus lieu d'être, puisque la résistance est établie chez *H. armigera*. Elles restent utilisables contre d'autres lépidoptères.
- les interventions sur seuil restent à la base du programme.
- il faut faire appel à des matières actives spécifiques pour contrôler les attaques d'*H. armigera*, qu'il s'agisse de molécules "anciennes", de type endosulfan à 750 g/ha, ou nouvelles, de type lufénuron, indoxacarb, spinozyne ou *B. thuringiensis*.

De telles mesures auraient un coût, peut-être difficilement supportable par la filière coton.

DISCUSSION

La protection du cotonnier repose, en Afrique francophone comme dans le reste du monde, sur l'application de pesticides. Mais peut-être plus en Afrique qu'ailleurs, cette protection intègre de nombreuses composantes non chimiques (pratiques culturales, caractères variétaux de résistance), et le recours aux insecticides est resté modéré, et surtout parfaitement contrôlé par les sociétés cotonnières. On pouvait penser le continent africain à l'abri des problèmes de résistance aux pyréthrinoïdes du type de ceux vécus par de grands pays cotonniers comme l'Australie, l'Inde ou la Chine. Les résultats obtenus au laboratoire et les échecs répétés observés dans certaines zones de production montrent qu'une évolution des populations est en cours. La mise en place de mesures de prévention est aujourd'hui nécessaire (exclusion des pyréthrinoïdes utilisés seuls, pratique de la fenêtre, interventions sur seuil).

L'importance de ces mesures dépendra également des résultats des études entreprises pour déterminer l'extension géographique des populations d'*H.armigera* résistantes aux pyréthrinoïdes, et l'importance des échanges de gènes entre populations distinctes.

Il est tout aussi évident, compte tenu de la polyphagie du ravageur considéré, que la Filière Coton ne maîtrise pas à elle seule l'ensemble des données du problème. En dehors des mesures de prévention prises par les planteurs de coton, des mesures analogues devront être étendues à d'autres cultures, et en particulier aux cultures maraîchères, grandes consommatrices de pesticides en général, et de pyréthrinoïdes en particulier. Il s'agit ici du domaine des Services Nationaux de Protection des Végétaux, dont on peut attendre qu'ils travaillent de concert pour définir les mesures d'homologation et de contrôle nécessaires à la réussite d'une gestion raisonnée des pesticides en Afrique de l'Ouest.

Les méthodes alternatives à la lutte chimique, et en particulier les caractères variétaux de résistance, reprennent aujourd'hui la place qu'elles occupaient d'avantage dans les publications que dans la réalité du terrain. Il sera important pour la Recherche de réactiver les programmes de travail en ce sens.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALAUX T. 1994 - Prévention de la Résistance aux Pyréthrinoïdes chez *Helicoverpa armigera* (Hübner) en Côte d'Ivoire. *Thèse Agrochimie*, Institut National Polytechnique. Toulouse. 133p.
- ALAUX T.; VASSAL J-M.; VAISSAYRE M. 1997 - Suivi de la sensibilité aux pyréthrinoïdes chez *Helicoverpa armigera* (Hübner) en Côte d'Ivoire. *Journal of African Zoology*, 111 (1) 63-69.
- ANGELINI A.; TRIJAU J.P.; VAISSAYRE M. 1982 - Activité comparée de trois pyréthrinoïdes de "première génération" et de pyréthrinoïdes nouveaux contre les chenilles de la capsule du cotonnier. *Coton et Fibres Tropicales*, 37, 359-364.
- ARMES N.J.; BANERJEE S.K.; DeSOUZA K.R.; JADAV D.; KING A.B.; KRANTHI K.R.; REGUPATHI A.; SURULIVELU T.; VENUGOPAL-RAO N. 1994 - Insecticide resistance in *Helicoverpa armigera* in India : recent developments. *Proceedings British Crop Protection Conference - Pests and Diseases*, 1, 437-442.
- CLOWER D.F. 1993 - Budworm/Bollworm resistance : a historical perspective. *Proc. Beltwide Cotton Production Conferences*. NCC, Memphis USA. 5-8.
- COLLINS M.D. 1986 - Pyrethroid resistance in the Cotton Bollworm *Heliothis armigera* : a case history from Thailand. *Proceedings British Crop Protection Conference - Pests and Diseases*, 2, 583-589.
- DUBBELDAM A.; McCAFFERY A.R. 1996 - Fitness cost associated with pyrethroid resistance in *Heliothis virescens*. *Proceedings British Crop Protection Conference - Pests and Diseases*, 1, 429-430.
- ERNST G.; DITTRICH V. 1992 - Comparative measurement of resistance to insecticides in three closely related Old- and New World bollworm species. *Pesticide Science*, 34 : 147-152.
- FINNEY D.J., 1971 - *Probit Analysis* (3rd. ed.) Cambridge University Press, Cambridge, 333p.
- FORRESTER N.W., CAHILL M., BIRD L.J., LAYLAND J.K. 1993 - Management of pyrethroid and endosulfan resistance in *Helicoverpa armigera* in Australia. *Bulletin Entomological Research* (Suppl. Series) Suppl. N°1 CAB-IIE, 132p.
- GOODYER G.J. & GREENUP L.R. 1980 - A survey in insecticide resistance in the cotton bollworm *Heliothis armigera* (Hübner) in New South Wales. *General and applied Entomology*, 12 : 37-39.
- GUNNING R.V. 1994 - Esterases and pyrethroid resistance in australian *Helicoverpa armigera*. *Resistant Pest Management*. 6 (2) 8-9.

- GUNNING R.V., EASTON C.S., GREENUP L.R., EDGE V.E., 1984 - Pyrethroid resistance in *Heliothis armigera* (Hübner) in Australia. *Journal of Economic Entomology*, 77, 1283-1287.
- GUNNING R.V., EASTON C.S., BALFE M.E., FERRIS I.G. 1993 - Pyrethroid resistance mechanisms in australian *H. armigera*. *Pesticide Science* 33 : 473-90
- McCAFFERY A.R., 1994 - Mechanisms of resistance to pyrethroids in *Helicoverpa* and *Heliothis* species. *Proc. Beltwide Cotton Production Conferences*. NCC, Memphis USA : 836-7
- McCAFFERY A.R., KING A.B.S., WALKER A.J., EL-NAYIR H., 1989 - Resistance to synthetic pyrethroids in the bollworm, *Heliothis armigera*, from Andhra Pradesh, India. *Pesticide Science* 27, 65-76.
- McCAFFERY A.R.; WALKER A.R 1991 - Insecticide resistance in the Bollworm *Helicoverpa armigera* from Indonesia. *Pesticide Science* 32 : 85-90.
- McCAFFERY A.R., HEAD D.J., JIAN-GUO T., DUBBELDAM A.A., SUBRAMANIAM V.R., CALLAGHAN A. 1997 - Nerve insensitivity resistance to pyrethroids in Heliothine Lepidoptera. *Pesticide Science* 51, 315-320.
- OTTEA J.A.; YOUNIS A.M.; IBRAHIM S.A.; YOUNG R.J.; LEONARD B.R.; McCAFFERY A.R. 1995 - Biochemical and physiological mechanisms of pyrethroid resistance in *Heliothis virescens* (F.). *Pesticide Biochemistry and Physiology* 51 : 117-128.
- RILEY M., 1990 - Pyrethroid resistance in *Heliothis* spp. In : GREEN M.B., LeBARON H.M., MOBERG W.K. *Managing resistance to agrochemicals*. American Chemical Society Symposium Series 421. Washington, 134-148.
- RENOU A., VAISSAYRE M., 1978 - Détermination de la DL₅₀ de quelques pyréthrinoïdes vis à vis d'*Heliothis armigera*. *Coton et Fibres tropicales*, 33, 309-311.
- ROUSH R.T, 1990 - Resistance detection and documentation. In : ROUSH R.T., TABASHNIK B.E., *Pesticide resistance in Arthropods*. Chapman & Hall, New York, 4-38.
- SHEN J., WU Y., TAN J., TAN F., 1992 - Pyrethroid resistance in *Heliothis armigera* (Hübner) in China. *Resistant Pest Management*, 4, 22-23.
- TAN WJ., LIANG GM., GUO YY. 1997 - Study on the mechanism of response to deltamethrin in susceptible and resistant strains of the Cotton Bollworm. *Acta Entomologica Sinica* 40 (suppl.) 44-48.
- VAYSSIÈRE P.; MIMÉUR J. 1926 - *Les Insectes nuisibles au Cotonnier en Afrique Occidentale Française*. Librairie E. Larose, Paris. 175p.